



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

Schlussbericht 15. Oktober 2015

Plusenergie-Mehrfamilienhaus mit produktionsoptimiertem Verbrauch

Haus 2050 – Wohnkomfort mit 2000 Watt

Subventionsgeberin:

Schweizerische Eidgenossenschaft, handelnd durch das
Bundesamt für Energie BFE
Sektion Cleantech
Pilot- und Demonstrationsprogramm
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Kofinanzierung:

Kanton Luzern
Umwelt und Energie (uwe)
Libellenrain 15
Postfach 3439
6002 Luzern
www.umwelt-luzern.ch

Projektpartner aus der Wirtschaft
(Siehe 12.1 Am Projekt beteiligte Key-Player 12.2 Weitere Projektpartner)

Subventionsempfänger:

Kirchrainweg AG
Kirchrainweg 4a
6010 Kriens
www.kirchrainweg.ch

Autoren:

Markus Portmann, e4plus AG, 6010 Kriens markus.portmann@e4plus.ch

BFE-Programmleitung: Yasmine Calisesi, Leiterin P+D-Programm
yasmine.calisesi@bfe.admin.ch

BFE-Projektbegleitung: Marc Köhli, Stv. Leiter Forschungsprogramm Energie in Gebäuden
koehli@enerconom.ch

BFE-Vertragsnummer: SI/500778-01

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Zusammenfassung

Das „Haus 2050“ ist 2012/13 in Kriens durch die Kirchrainweg AG von Marie-Theres und Markus Portmann realisiert worden. 2014 ist es mit dem Watt d'Or in der Kategorie Gebäude und Raum, sowie mit dem Hans Sauer Preis ausgezeichnet worden. Die umfassende Betrachtung von Nachhaltigkeit, Ästhetik, Wirtschaftlichkeit und Komfort in Kombination mit dem Einsatz smarter Technologien macht dieses Haus zu einem Vorzeigebispiel für zukunftsfähiges Bauen.

Dank hoher Energieeffizienz und dem konsequenten Einsatz von Best-Geräten produziert das Mehrfamilienhaus über das Jahr ca. 80% der Energie selbst, welche im Gebäude (inkl. der NutzerInnen) verbraucht wird. Das intelligente Gebäudemanagement sorgt dafür, dass der Strombedarf soweit wie möglich mit der Produktion im Einklang steht. Das Minergie-A-Eco-MFH ist ein Holzbau, welcher zu 95% aus Schweizer Holz – vorwiegend Luzerner Weisstanne – besteht. Es erfüllt die Zielwerte des Effizienzpfads Energie 2040 des SIA und damit die Anforderungen des 2000-Watt-fähigen Bauens.

Résumé

La „Maison 2050“ a été construite entre 2012 et 2013 à Kriens par la société Kirchrainweg SA de Marie-Theres et Markus Portmann. On lui a décerné en 2014 le prix du Watt d'Or dans la catégorie Bâtiments et espace, ainsi que le prix Hans Sauer. La vision globale incluant la durabilité, l'esthétique, l'économie et le confort en combinaison avec l'utilisation de technologies intelligentes font de cette maison un exemple vitrine de la construction durable.

Grâce à sa haute efficacité énergétique et à l'utilisation cohérente des meilleurs appareils, cet immeuble d'habitations produit sur l'année environ 80% de l'énergie que le bâtiment (y compris les utilisateurs) consomment. La gestion intelligente du bâtiment veille à ce que les besoins soient autant en accord que possible avec la production locale. Cet immeuble certifié Minergie-A-Eco est en bois, dont 95% de provenance suisse - principalement du sapin blanc du canton de Lucerne. Il répond aux valeurs cibles d'efficacité énergétique du cahier SIA 2040, et satisfait donc aux exigences d'une construction compatible avec la société à 2000 Watts.

Abstract

The "House 2050" was realized in Kriens by the Kirchrainweg AG of Marie-Theres and Markus Portmann in 2012/13. It has been awarded with the Watt d'Or in the category "buildings and space" as well as with the "Hans Sauer" award in 2014. Thanks to the comprehensive approach to sustainability, aesthetics, economic operation and comfort, in combination with the use of smart technologies, this building is an outstanding example for future-proof building activities.

Thanks to high energy efficiency and the consequent use of best devices, this multi-apartment house produces approx. 80% of the energy the house itself and its residents consume over the year. The smart building management ensures that the demand for electricity is consistent with its production as far as possible. The Minergie-A-Eco multi-apartment house is a timber construction, which consists of 95% Swiss timber, predominantly local silver fir. It meets the targets of the "2040 Efficiency Path" of the Swiss Association of Engineers and Architects (SIA), and thus fulfils the requirements for constructing buildings in line with the vision of a "2,000-Watt society".

1. Inhaltsverzeichnis

1.	Inhaltsverzeichnis	4
2.	Zusammenfassung	5
3.	Ausgangslage	7
4.	Ziel der Arbeit	8
4.1.	Zielsetzung des Projektes	8
4.2.	Erwartete Ergebnisse	8
5.	Grundlagen - Randbedingungen	10
5.1.	Juristische Voraussetzungen	10
5.2.	Technische Anforderungen	11
6.	Konzept – Anlagebeschrieb	12
6.1.	SmartHome-Lösung	12
6.2.	Eigenverbrauchsoptimierung.....	13
6.3.	Effizienz der Wärmepumpe	14
6.4.	Zusatznutzen	15
7.	Vorgehen und Methode	16
7.1.	Organisation	16
7.2.	Rechtliche Absicherung.....	16
7.3.	Messkonzept	17
8.	Ergebnisse und Erkenntnisse.....	18
8.1.	Eigenverbrauchsoptimierung.....	18
8.2.	Effizienz der Wärmepumpe	19
8.3.	Zusatznutzen	19
9.	Fazit	20
10.	Würdigung der Ergebnisse	22
10.1.	Sicht des Projektentwicklers.....	22
10.2.	Aussensicht	23
11.	Schlussfolgerungen	24
12.	Anhang	26
12.1.	Am Projekt beteiligte Key-Player	26
12.2.	Weitere Projektpartner.....	26

2. Zusammenfassung

Ausgangslage	<p>Die Kirchrainweg AG als Bauherrschaft, hinter der Marie-Theres und Markus Portmann stehen, wollten mit dem MFH am Kirchrainweg ein zukunftsorientiertes Gebäude, welches sich an den Zielen der 2000 Watt Gesellschaft orientiert, realisieren.</p> <p>Obwohl bereits einige Gebäude mit PV-Anlagen realisiert wurden, die in der Jahresbilanz eine hohe Eigenversorgung aufzeigten, waren zum damaligen Zeitpunkt keine Konzepte bezüglich einer Produktionsoptimierung des Verbrauchs verfügbar.</p>
Projektziele	<p>Folgende Projektziele sollten bei der Realisierung des Gebäudes erreicht werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Die technische Machbarkeit sollte mit handelsüblichen Geräten, einem innovativen Gebäudemanagement, einem optimalen Betriebskonzept, sowie einem zielführenden Mess- und Abrechnungskonzept aufgezeigt werden. – Die organisatorischen und rechtlichen Hemmnisse und deren Beseitigung sollten aufgezeigt werden. – Die Wärmepumpe (WP) sollte auf die Bedürfnisse des Gebäudes (tiefer Heizenergiebedarf, Betrieb wenn Solarstrom verfügbar) optimiert werden. – Die Datenerhebung und –verarbeitung, sowie die für die BewohnerInnen daraus abzuleitenden Informationen sollten aufgezeigt werden.
Grundlagen und Rahmenbedingungen	<p>Für die Bauherrschaft war trotz der hohen Innovationsbereitschaft wichtig, dass das Gebäudetechnik-Konzept vollständig mit am Markt erhältlichen Produkten umgesetzt wurde. Die Innovation musste also ausschliesslich im Bereich des Engineerings stattfinden. Darüber hinaus musste das Projekt alle drei Dimensionen der Nachhaltigkeit berücksichtigen.</p> <p>Das Projekt wurde im Stockwerkeigentum realisiert. Genutzt werden die STWE-Einheiten teilweise durch die Eigentümerschaft, teilweise durch MieterInnen. Das Gebäude muss also auch den Anforderungen an das Mietrecht genügen.</p>
Konzept	<p>Das Konzept lässt sich in folgende vier Teilbereiche gliedern:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Die SmartHome-Lösung verbindet Energieeffizienz und Komfort auf ideale Weise. Dank der Vernetzung des Gebäudes, inkl. Einbindung der Haushaltgeräte in dieses System, kann der Energieverbrauch soweit wie möglich und ohne Komforteinschränkungen auf die Produktion ausgerichtet werden. – Die Nutzung und Optimierung des Eigenverbrauchs führt zu einer Kostenersparnis für die gesamte Eigenverbrauchergemeinschaft. Auch diese Optimierung erfolgt ohne Komforteinbusse. – Dank der eigenen Stromerzeugung und der hohen Effizienz der Gebäudehülle ergeben sich bei der Wahl der WP verschiedene Optionen. Die gewählte Luft-Wasser-WP konnte die durch den Hersteller garantierten Ergebnisse jedoch nicht liefern und muss umgebaut werden. – Für die BewohnerInnen ergeben sich dank dem innovativen Konzept diverse Zusatznutzen, wie z.B. die Storensteuerung, Fernsteuerung der Wärmeabgabe, etc. Diese bieten zusätzlichen Wohnkomfort ohne Mehrverbrauch an Energie.

Ergebnisse	<p>Dank des umgesetzten Konzepts kann in den Sommermonaten ohne Speicherung zwischen 50 und 60 % des gesamten Stromverbrauchs (über 24Std.) direkt mit der Solaranlage gedeckt werden. Im Winter liegt dieser Wert zwischen 0% (wenn Schnee auf der Anlage liegt) bis max. 35% an sehr sonnigen Wintertagen.</p> <p>Die Einbindung der Haushaltgeräte ist technisch möglich. Für die BewohnerInnen ergibt sich damit eine regelmässige Auseinandersetzung mit dem Thema. Zum heutigen Zeitpunkt ist jedoch eine Einbindung dieser Geräte sehr aufwändig. Die Weiterentwicklung des Internets für Dinge wird hier möglicherweise jedoch ganze neue Möglichkeiten eröffnen.</p>
Fazit	<p>Viele der bei der Entwicklung des Projektes noch als unmöglich oder unrealistisch betrachteten Elemente sind heute bereits in die Steuer- und Regeltechnik für Gebäude mit Solaranlagen eingeflossen.</p> <p>Um sicherzustellen, dass die berechneten und/oder garantierten Produktions- und Verbrauchsdaten auch effektiv erreicht werden, ist ein zielführendes Monitoring unerlässlich.</p> <p>Von entscheidender Bedeutung ist zudem, dass ein energieeffizientes Gebäude mehr beinhaltet als eine intelligente Stromversorgung. Insbesondere der grauen Energie und der Mobilität muss bei der Entwicklung zukunftsorientierter Gebäude grösste Beachtung geschenkt werden.</p>

3. Ausgangslage

Bauherrschaft mit Bestellerkompetenz	<p>Hinter der Kirchrainweg AG als Bauherrschaft des Haus 2050 stehen Marie-Theres und Markus Portmann. Als Inhaber und Geschäftsführer der e4plus AG verfügt Markus Portmann über langjährige und umfangreiche Erfahrung im Bereich des nachhaltigen Bauens. Diese Erfahrung wollte die Bauherrschaft mit diesem Projekt sicht- und erlebbar machen.</p> <p>Bei der Entwicklung des Projektes in den Jahren 2010 bis 2011 präsentierte sich die Ausgangslage wie folgt:</p>
2000-Watt-Tauglichkeit	<p>Die Erkenntnis, dass Bewohner von Null- oder Plusenergiehäusern den Zielwert 2000 Watt-Gesellschaft erreichen können ist für fortschrittliche Akteure der Bauwirtschaft bekannt. Bekannt ist auch, dass stark vom Verhalten der Benutzer abhängt, ob das Effizienzpotential des Gebäudes voll ausgeschöpft werden kann. Die Arbeitsthese war, dass nebst der Motivation die richtigen Anreize und das zur Verfügung stellen der richtigen technischen Hilfsmittel für die Erreichung der Ziele erforderlich sei. Für einen optimalen Betrieb von Gebäuden mit hoher Eigenproduktion waren zum damaligen Zeitpunkt keine standardisierten Konzepte vorhanden. Zudem waren erst wenige Geräteanbieter in der Lage Haushaltgeräte für solche Konzepte zu liefern und die erforderlichen Installationen teuer und im Wohnungsbau wenig erprobt.</p>
Eigenverbrauch	<p>Messergebnisse aus Deutschland hatten gezeigt, dass bei einer ausgeglichenen Jahresbilanz (Produktion/Verbrauch) lediglich rund $\frac{1}{4}$ des Solarstroms effektiv im Gebäude genutzt wird. Es waren also dringend neue Handlungsansätze erforderlich, um den Deckungsbeitrag des selber produzierten Stroms wesentlich zu erhöhen.</p>
Hohe Komplexität	<p>Meist ist es so, dass Zielwerte von Architekten und Energieplanern vorgegeben werden, ob sie tatsächlich erreicht werden, wird häufig nicht überprüft. Gerade anspruchsvolle Energiekonzepte benötigen anfangs eine kompetente Einregulierung und Begleitung. Das haben Untersuchungen an anderen hoch effizienten Gebäuden, z.B. Kraftwerk B, Marché Kempthal, deutlich gemacht. Deshalb wurde beim vorliegenden Projekt grosser Wert auf eine auf Dauer angelegte Betriebsüberwachung gelegt.</p>
Ganzheitliche Nachhaltigkeitsbetrachtung	<p>Neben der energetischen und ökologischen Qualität war es ein zentrales Anliegen der Bauherrschaft, die Anliegen der Nachhaltigkeit als Ganzes sichtbar zu machen. So wurde sehr grossen Wert auf eine hohe architektonische Integration des Gebäudes in die von denkmalschützten Gebäuden geprägte Umgebung gelegt. Weiter wurde der grauen Energie und möglichst regionalen Materialkreisläufen grosse Bedeutung beigemessen (z.B. Verwendung von Weisstannenh Holz aus der Region).</p>

4. Ziel der Arbeit

4.1. Zielsetzung des Projektes

Gemäss dem Gesuch sollten mit dem P+D-Projekt folgende Zielsetzungen erreicht werden:

Technische Machbarkeit	Es galt technische Lösungen zu entwickeln und umzusetzen, welche eine hohe Kundenorientierung bei gleichzeitig hoher Zielerreichung bezüglich der effizienten Energienutzung aufweisen. Zudem mussten die nicht amortisierbaren Mehrkosten für die Bauherrschaft und die StwE minimal und die Alltagstauglichkeit hoch sein. Diese Voraussetzungen galten sowohl für das Mess- und Regelkonzept wie auch für das Gebäude und deren Infrastruktur.
Organisatorische und rechtliche Machbarkeit	Es sollte aufgezeigt werden, welche organisatorischen und rechtlichen Hemmnisse allenfalls den technisch optimalen Lösungen im Wege stehen. Um technisch sinnvollen Lösungen im Rahmen des vorliegenden P+D-Projektes erproben zu können, durften daraus keine Präjudize abgeleitet werden. Es sollten aber Lösungsansätze zur Beseitigung solcher Hemmnisse aufgezeigt werden.
Optimales Betriebsmodell	Es sollte aufgezeigt werden, wie solch intelligente Plusenergiehäuser mit einem möglichst hohen Eigenversorgungsgrad betrieben werden können. Dies unter Berücksichtigung eines optimalen Kosten/Nutzen-Verhältnis eines solchen Betriebes. Ebenso sollte aufgezeigt werden, welche Auswirkungen auf die Verrechnung bei solchen Modellen auftreten und wie diese rechtlich korrekt, kostengünstig und möglichst verursachergerecht geregelt werden können.
Optimierte Luft-Wasser-WP	Aus der Simulation ging hervor, dass durch den sehr geringen Heizenergie-Bedarf eine Luft-Wasser-WP die höhere JAZ erreicht als eine WP mit Erdsonden. Diese Erkenntnis sollte verifiziert und zusätzlich sollte untersucht werden, ob durch eine optimierte Platzierung des Aussenluftgerätes (Luftansaugung im Unterdach hinter der PV-Anlage) die JAZ weiter gesteigert und der Ertrag der PV-Anlage erhöht werden kann.

4.2. Erwartete Ergebnisse

Das Projekt sollte aufzeigen, wie weit SmartHome, SmartGrid und Smart-Metering im Wohnungsbau heute umgesetzt werden können und welche Schwierigkeiten, insbesondere in Mehrparteienhäusern dabei zu beseitigen sind. Folgende Punkte standen dabei gemäss Projektantrag im Zentrum:

Abrechnungsmodell	Im Rahmen des Projektes wird ein Modell entwickelt für eine gerechte Abrechnung der im Plus-Energiehaus erzeugten und verwendeten Energien. Die gesammelten Erfahrungen sind wichtig für Investoren/Bauherren von zukünftigen Mehrfamilien – Plusenergiehäusern.
Hinweise zu Rechtssituation	Das Projekt sollte Hinweise zur Rechtssituation von gezielt lokaler Energieerzeugung und -verwendung in Null- oder Plusenergiegebäuden liefern.

Datenlieferung für Bilanzierung

Das Projekt sollte die erforderlichen Daten zur Energiebilanz eines MFH-Plusenergiehauses liefern. Das detaillierte Monitoring soll aufzeigen, wann Energie produziert und wann für welchen Zweck Energie verbraucht wird. Die zeitlichen und mengenmässigen Energieflüsse werden transparent und können somit eine Grundlage für zukünftige Plusenergiehäuser bilden. Ein wesentlicher Aspekt ist die Gleichzeitigkeit von Elektrizitätsverbrauch und –produktion beziehungsweise die Verbrauchsorientierung nach Produktion mit Hilfe heute verfügbarer SmartGrid-Technologie. Es soll demonstriert werden, wie die überschüssige Energie in nicht zeitkritische Verbraucher bzw. bei Bedarf ins Netz überführt werden kann.

Info an Benutzer

In der Betrachtung sollten die Bewohner, hier im Speziellen StwE, in der Optimierung ihres Energieverbrauchs durch Infodisplays unterstützt werden. Die StwE erhalten die Möglichkeit, sich ganz real auf die 2000-Watt Gesellschaft hin zu entwickeln. Dabei zeigt und beschreibt das Projekt rechtliche Hindernisse für den Investor. Zudem erfasst es die Bereitschaft und das Empfinden von StwE, ihren Energieverbrauch jederzeit dokumentiert zu haben, wodurch positive aber evtl. auch negative Auswirkungen ihres persönlichen Verhalten sichtbar werden.

5. Grundlagen - Randbedingungen

Anforderungen der Bauherrschaft	Die Bauherrschaft wünschte zwar ein innovatives und zukunftsgerichtetes Gebäudetechnik-Konzept, dieses musste jedoch mit am Markt erhältlichen Produkten umgesetzt werden können. Auf den Einbau von Prototypen sei zu verzichten.
Innovation im Engineering	Die Innovation musste also ausschliesslich auf innovativen organisatorischen, rechtlichen und technischen Lösungen sowie deren optimalen Zusammenspiel beruhen.
Zusatznutzen	Für die Bauherrschaft von zentraler Bedeutung war die Realisierung möglichst vieler alltagstauglicher Zusatznutzen für die BewohnerInnen.
Nachhaltig in allen drei Dimensionen	Ebenso wichtig für die Bauherrschaft war, dass das Gebäude nicht bloss über ein innovatives Gebäudetechnikkonzept verfügt, sondern in allen drei Dimensionen der Nachhaltigkeit überzeugt.

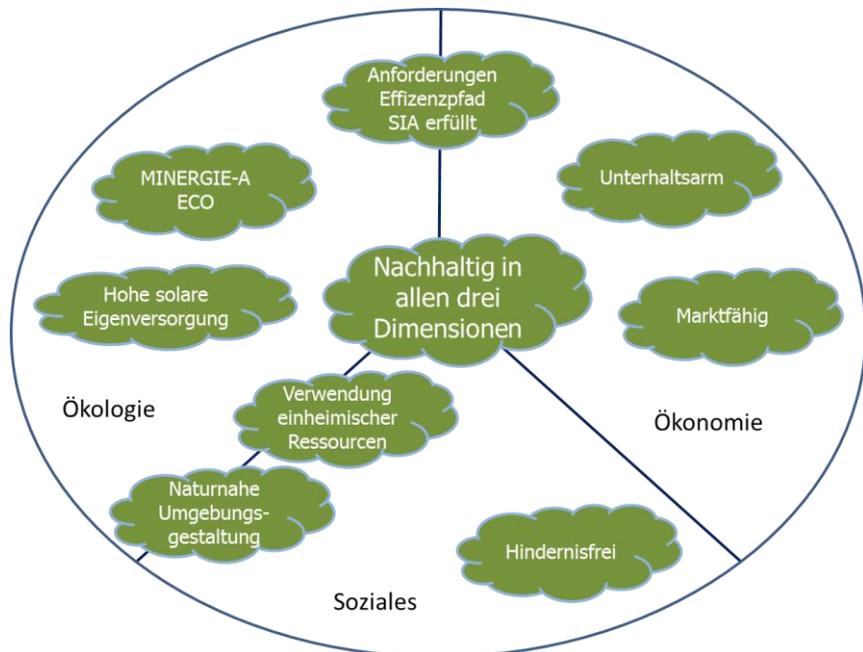


Abbildung 1 – Nachhaltigkeitsanforderungen des Projektes – Quelle: e4plus

5.1. Juristische Voraussetzungen

Zum Zeitpunkt der Entwicklung des Projektes waren weder die rechtlichen Rahmenbedingungen für den Eigenverbrauch von Solarstrom für mehrere Nutzer vorhanden, noch konnte auf Erfahrungen bezüglich der Ausgestaltung von StwE-Reglementen, Kauf- und Mietverträgen zurückgegriffen werden. Folgende Punkte stellten besondere Herausforderungen dar:

Einverständnis zur Datenerhebung	Um den Betrieb eines Gebäudes im umfangreichem Mess- und Regelkonzept langfristig sicherstellen zu können, ist das Einverständnis zur Datenerhebung und -nutzung seitens aller Miteigentümer und aller Nutzer eine zwingende Voraussetzung.
----------------------------------	---

Eigentümer und Mieter-
schaft

Das Haus 2050 wurde im StwE realisiert. Nur ein Teil der sieben Stockwerkeinheiten wird durch die Eigentümerschaft selbst genutzt. Die übrigen Einheiten sind vermietet. Sämtliche Grundlagen müssen also sowohl für StwE-Eigentümer wie auch für Mietende funktionieren.

Eigenverbrauchs-
regelung

Die rechtlichen Rahmenbedingungen für den Eigenverbrauch von Solarstrom wurden erst 2013 durch das eidg. Parlament geschaffen und auf April 2014 in Kraft gesetzt. Dies führte einerseits zu einer Anpassung des gesamten Vertragswesens und andererseits zu Anpassungen an der Infrastruktur.

5.2. Technische Anforderungen

Projektbegrenzung

Zu Beginn der Projektentwicklung stellte sich die Frage nach dem Projektperimeter. Aus konzeptioneller Sicht bestand die Möglichkeit die Nutzung der Sonnenenergie auf das Gebäude oder auf das lokale Netz des Verteilnetzbetreibers zu optimieren.

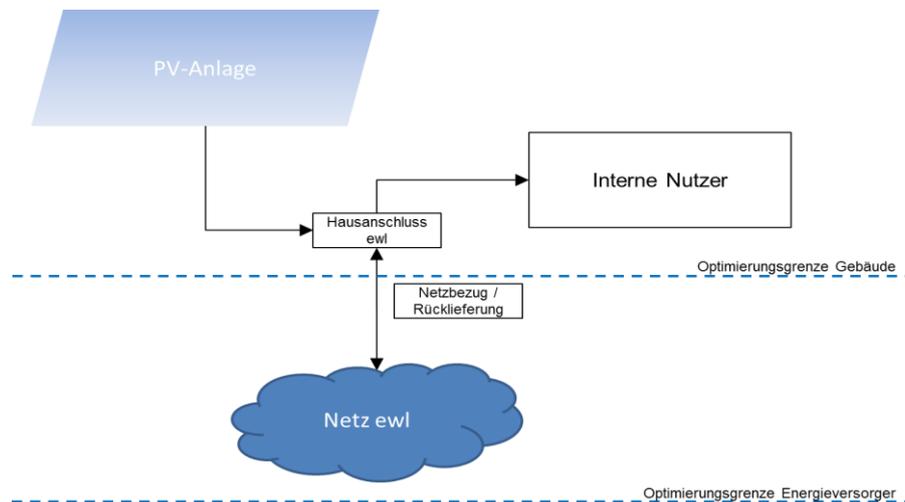


Abbildung 2 – Mögliche Systemgrenzen für Optimierung – Quelle: e4plus

Auf Grund der fehlenden Voraussetzungen (noch kein Standard vorhanden) für einen Datenaustausch in Echtzeit und der fehlenden Anreize für die künftigen Betreiber der Anlage, wurde der Perimeter zur Optimierung auf das Gebäude festgelegt.

Effiziente Wärme-
zeugung

Untersuchungen der HSLU zeigten, dass bei Gebäuden mit geringem Heizwärmebedarf die Wärmeversorgung (Heizung und Warmwasser) mit einer Luft-Wasser-Wärmepumpe (WP) effizienter bereitgestellt werden kann, als mit einer WP mit Erdsonde.

Zusätzlich sollte im Rahmen des Projekts geklärt werden, ob sich eine Ansaugung der Aussenluft im Bereich der Hinterlüftung der PV-Anlage positiv auf die Energiebilanz auswirken würde und ob dies technisch möglich, sowie wirtschaftlich sinnvoll sei.

kommunikationsfähige
Haushaltgeräte

Damit das angedachte Konzept umgesetzt werden konnte, mussten kommunikationsfähige Haushaltgeräte eruiert sowie deren technische Funktion sichergestellt werden. Diese Haushaltgeräte mussten für die Benutzer ohne Einschränkungen benutzbar sein.

6. Konzept – Anlagebescrieb

6.1. SmartHome-Lösung

Anforderungen an das System	Mit der für die Eigenverbrauchsoptimierung erforderlichen Intelligenz sollten diverse weitere Aspekte abgedeckt werden. Insbesondere muss das System die erforderlichen Informationen für die Qualitätssicherung und die Betriebsoptimierung, sowie die Daten für die Abrechnung von Eigenverbrauch sowie der Nebenkosten (Heizung, Warmwasser, Wasser, Abwasser, Allgemeinstrom) liefern.
Vernetzung und Einbindung der Haushaltgeräte	Der Datenfluss von und zu den Geräten erfolgt über KNX. Die Haushaltgeräte der Marke Miele sind je Nutzungseinheit über ein Gateway mit dem System verbunden. Sowohl Abwaschmaschine, wie auch Waschmaschine und Tumbler können ohne Einbusse bezüglich der Benutzerfreundlichkeit prioritär mit Solarstrom betrieben werden.
Kundennutzen	Auf Grund der für die Eigenverbrauchsoptimierung erforderlichen Infrastruktur konnten diverse zusätzliche Kundennutzen erzielt werden. Bezüglich Wohnkomfort besonders zu erwähnen ist die Storensteuerung, welche individuelle Nutzungsprofile speichern kann.
Sommerlicher Wärmeschutz	In die Storensteuerung integriert ist die Möglichkeit zur Automation des sommerlichen Wärmeschutzes. Für die Bewohner besteht die Möglichkeit den Sonnenschutz fassaden- und einstrahlungsabhängig automatisch zu regeln. Dies jeweils unterteilt für den Wohn- und Schlafbereich.
Informationsfluss	Das System verarbeitet Wetterinformationen welche gebäudespezifisch erfasst und hinterlegt wurden (z.B. Sonnenlauf, lokale Verschattung) aber auch Informationen, welche aktuell erhoben werden. Dies einerseits mit der Wetterstation auf dem Gebäude (z.B. Einstrahlung, Regen, Wind) und andererseits mit der Wetterprognose, welche über das Web in das System eingespielen wird.

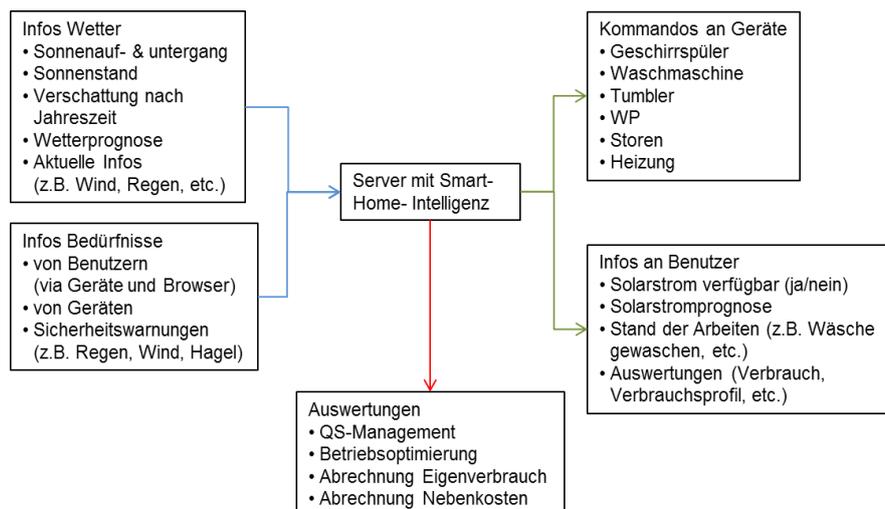


Abbildung 3 – Informationsfluss Smart-Home – Quelle: e4plus

6.2. Eigenverbrauchsoptimierung

Gesetzliche Grundlagen	Zum Zeitpunkt der Planung und Realisierung des Gebäudes bestand noch keine Rechtsgrundlage, welche den Eigenverbrauch regelte. Diese wurde erst mit der Annahme der Parlamentarischen Initiative 12.400 geschaffen. Dies führe dazu, dass die Anlage für die Nutzung (bzw. die finanzielle Anrechnung) des Eigenverbrauchs umgebaut werden musste.
Konzept	Dank dem Gebäudemanagement sollen die Verbraucher soweit wie technisch und betrieblich möglich dann betrieben werden, wenn eigener Solarstrom zur Verfügung steht. Zu Beginn des Projektes war dies ausschliesslich konzeptionell getrieben. Mit der Schaffung der gesetzlichen Grundlage zum Eigenverbrauch kann nun damit auch ein ökonomischer Nutzen erzielt werden. Die Gleichzeitigkeit zwischen Produktion und Verbrauch wird durch folgende Punkte optimiert:
Steuerung der WP	Die WP wird bei Sonnenschein primär am Tag betrieben. Bei positiver Wetterprognose wird in den Morgenstunden nur das für die Sicherstellung des Komforts erforderliche Warmwasser erwärmt. Erst wenn Solarstrom verfügbar ist, wird der gesamte Speicher wieder durchgeladen. Vor Sonnenuntergang wird der Speicher erneut durchgeladen, auch wenn zu diesem Zeitpunkt noch Warmwasser verfügbar wäre.
Haushaltgeräte	Die Haushaltgeräte können durch die Benutzer so freigegeben werden, dass diese prioritär mit Solarstrom betrieben werden. Nur falls die Solaranlage nicht genügend Strom liefert, wird der Job mit eingekauftem Strom abgearbeitet.
Umsetzung	Bei der Realisierung wurde die PV-Anlage messtechnisch als Teil des Allgemeinstroms realisiert. Auf diese Weise konnte die WP bei schönem Wetter direkt ab der PV-Anlage betrieben werden. Der Eigenverbrauch in den Wohnungen war zu diesem Zeitpunkt rechtlich nicht möglich.

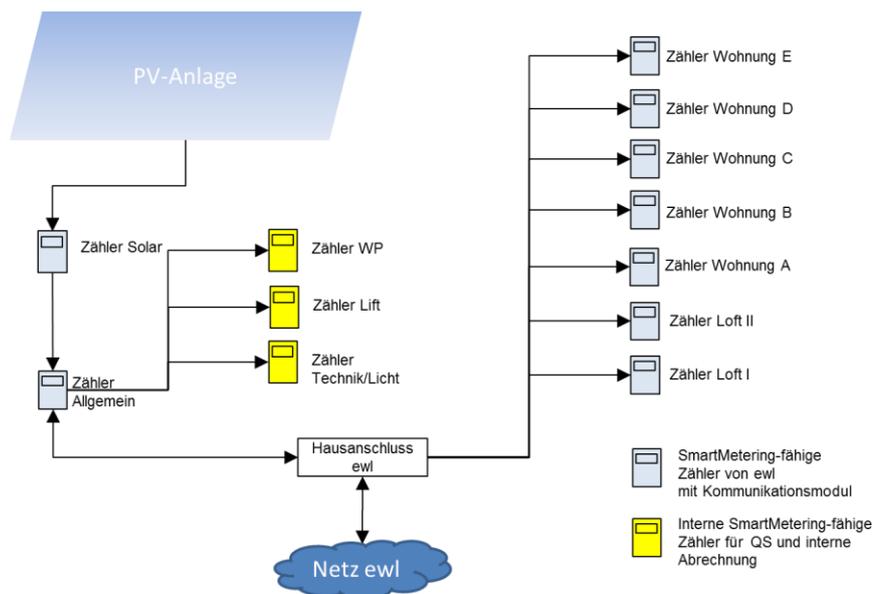


Abbildung 4 – Schema Stromversorgung alt – Quelle: e4plus

Umbau

Auf Grund der neuen gesetzlichen Grundlage musste die Anlage für die Abrechnung des Eigenverbrauchs der gesamten Eigenverbrauchergemeinschaft umgebaut werden. Dieser Umbau erfolgte durch die ewl.

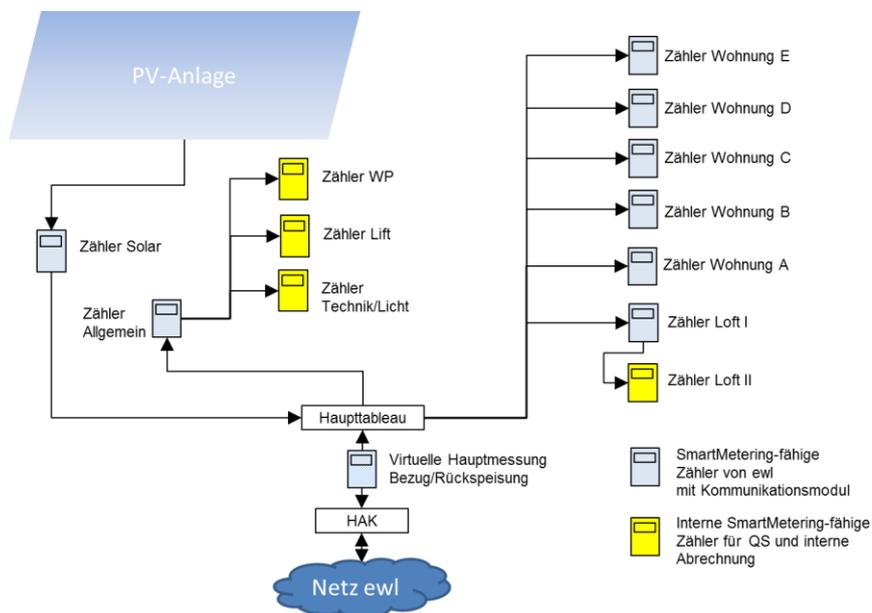


Abbildung 5 – Schema Stromversorgung für die Abrechnung der Eigenverbrauchsgemeinschaft – Quelle: e4plus

6.3. Effizienz der Wärmepumpe

Luftansaugung unter der PV-Anlage

Im Rahmen einer Diplomarbeit eruierte Bidu Dellenbach zusammen mit einem Projektpartner das Effizienzpotential welches durch die Luftansaugung im Bereich der Hinterlüftung unter der PV-Anlage erzielt werden könnte. Gemäss diesen Studien hätte sich der solare Ertrag um 210 kWh erhöht und der Strombedarf der WP um 240 kWh (jeweils pro Jahr) gesenkt. Die Kosten dafür hätten sich auf ca. CHF 30'000 belaufen. Auf Grund dieser Erkenntnisse wurde auf die Umsetzung dieser Idee verzichtet.

Aussenluft WP versus WP mit Erdsonde

Eine Aussenluft-Wärmepumpe war von Beginn der Planung weg eine ernsthafte Option. Für eine Erstbeurteilung konsultierten die Planer eine Diplomarbeit der Hochschule Luzern von 2011 (FS11_BDA_G_11_05). Diese zeigt auf, dass bei einem Anteil des Warmwasser von grösser 50 % am Gesamtwärmebedarf eine Aussenluft-WP gleich effizient oder besser als eine Erdwärmesonden-WP betrieben werden kann. Mit weiter wachsendem Anteil der Wassererwärmung am gesamten Wärmebedarf steigt naturgemäss die JAZ der Aussenluft-WP im Verhältnis zur JAZ einer Wärmepumpe mit konstanter Quellentemperatur. Daraus lassen sich vier Regeln für die AUL-WP formulieren:

-]Verhältnis des Bedarfs Wassererwärmung zu Raumwärme mindestens 50 zu 50
- Standort Mittelland
- Wärmepumpe mit guter Effizienz (COP oder JAZ)
- Tiefe Vorlauftemperaturen bei der Wärmeabgabe (Bodenheizung mit 30°C, Frischwassermodul)

6.4. Zusatznutzen

Automatisierter Sonnenschutz	Wie unter 6.1 beschrieben konnte dank der Installation des Gebäudemanagements der sommerliche Wärmeschutz automatisiert werden. Diese Funktion kann durch die Bewohner über eine Web-Applikation programmiert und jederzeit selbstständig ein und ausgeschaltet werden.
Fernsteuerung der Heizung	Die Bewohner können über die gleiche Applikation die Raumlufttemperatur einstellen. Das bedeutet, dass bei Ferienabwesenheit problemlos eine Absenkung der Temperatur vorgenommen werden kann.
Infodisplay	Auf die Realisierung eines Infodisplays in den Wohnungen wurde verzichtet. Stattdessen wurde die erwähnte Web-Applikation realisiert. Für sämtliche Wohnungen kann mit jedem browserfähigen Gerät (passwortgeschützt) auf die Wohnungsdaten zugegriffen werden. Folgende Funktionen und Daten sind dabei abrufbar: <ul style="list-style-type: none"> – Energiemanagement mit den Bezugsdaten für elektrische Energie, Heizenergie, Warm- und Kaltwasser, sowie zur Information die Energieproduktion der PV-Anlage. Bei all diesen Informationen wird der Monatsverbrauch und der (Gesamt-)Zählerstand angezeigt. – Raumregulierung mit den eingestellten und effektiven Temperaturen in den Referenzräumen. Die Einstellung der Raumtemperatur kann direkt in der App vorgenommen werden. – Steuerung der Beschattung und Verdunklung aufgeteilt in Wohn- und Schlafbereich. Die Steuerung ermöglicht eine Programmierung der Zeiten für das Hoch- und Runterfahren der Storen. Ebenso kann eine Automatik programmiert werden, welche ausserhalb der Heizperiode dafür sorgt, dass die Beschattung der Fenster bei direkter Sonneneinstrahlung automatisch runterfährt. – Individueller Betrieb der Storen. Sämtliche Storen können direkt mit der App angesteuert werden.
Wetterschutz	Sämtliche Sonnenschutzsysteme werden bei Sturmwarnung (Daten von der Wetterstation auf dem Dach) automatisch zentral hochgefahren. Zudem ist das System für die Einbindung der in Vorbereitung befindenden Hagelwarnung vorbereitet.
Online-Überwachung der Heizung	Die Gesamte Wärmeerzeugung und –verteilung kann direkt in der App fernüberwacht werden. Sämtliche Betriebszustände sind erkennbar.

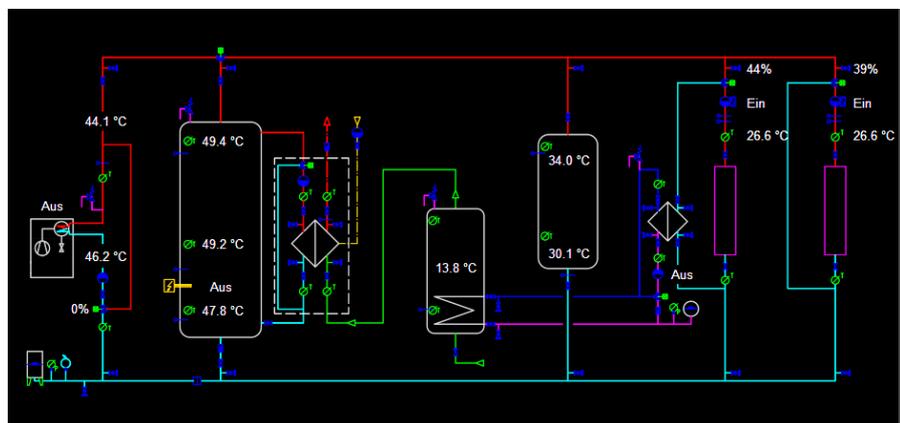


Abbildung 6 – Prinzipschema Heizung/Warmwasser mit allen Betriebszuständen – Quelle: Visualisierung aus der App des Gebäudemanagements

7. Vorgehen und Methode

7.1. Organisation

Da das Projekt Haus 2050 bezüglich Nachhaltigkeit in vielerlei Hinsicht neue Wege beschritt, war die Zusammensetzung des Planungsteams von grosser Bedeutung. Die Akteure wurden deshalb auch mit grosser Sorgfalt ausgewählt. Dabei standen folgende Punkte im Zentrum:

Fachliche Qualifikation	Aktuelles Wissen im eigenen Fachgebiet, aber auch Methodenkompetenz bei der Erarbeitung neuer Lösungen waren wichtige Kriterien bei der Auswahl des Planungsteams.
Team- und Dialogfähigkeit	Neuentwicklungen setzen ein hohes Mass an Bereitschaft voraus, sich mit Neuem und Unbekanntem auseinander zu setzen. Die Bewerber mussten auf Grund ihrer Referenzen aufzeigen können, dass diese Fähigkeiten vorhanden sind.
Organisation	Das Projekt SmartHome wurde wie folgt organisiert: <ul style="list-style-type: none"> – Gesamtprojektleitung und Mess- und Abrechnungskonzept: e4plus AG – Gebäudemanagement Gesamtleitung/Entwicklung: Net-Design AG Umsetzung: Pro-Bus AG (Subunternehmer der Net-Design AG) – Planung HLS Zurfluh Lottenbach GmbH

7.2. Rechtliche Absicherung

Datenerhebung und -auswertung	Für den Betrieb des Gebäudes ist die Erhebung und Verarbeitung einer Vielzahl von Daten erforderlich. Mit diesen Daten können teilweise genaue Benutzerprofile erstellt und damit das Verhalten der Benutzer erfasst werden. Es braucht deshalb Regelungen welche Daten erfasst und wie diese ausgewertet werden.
Grundlage im STWE-Reglement	Die Grundlage für die Erfassung und Verwendung der Verbrauchsdaten wurde im STWE-Reglement gelegt. Dort ist festgehalten, dass sämtliche für den Betrieb des Gebäudes erforderlichen Daten erfasst und gespeichert werden dürfen.
Weiterverwendung der Daten	Alle für die Abrechnung der Nebenkosten erforderlichen Daten werden individuell erfasst und dürfen soweit für die Abrechnung erforderlich individuell ausgewertet werden. Für Dokumentationszwecke dürfen die Daten nur anonymisiert verwendet werden.
Bestandteil der Kauf- bzw. Mietverträge	Die Käufer haben ihre ausdrückliche Zustimmung zu diesem Datenmanagement mit der Unterzeichnung der Kaufurkunde gegeben. In den Mietverträgen wird die Zustimmung mit einer besonderen Bestimmung abgeholt.

7.3. Messkonzept

Anforderungen	<p>Das Messkonzept soll einerseits sicherstellen, dass das Gebäude ausgewertet und andererseits dass die Nebenkosten effizient abgerechnet werden können.</p> <p>Darüber hinaus, sollen bei Bedarf einzelne Teilbereiche detailliert analysiert und ausgewertet werden können.</p>
Konzept Elektro	<p>Um das Gebäude detailliert erfassen zu können, wurden, zusätzlich zu den üblicherweise durch den Energieversorger installierten Messeinheiten, beim Allgemeinstrom private Zähler installiert. Insbesondere die separate Messung des Stroms für die Wärmepumpe ist von zentraler Bedeutung. Details zum Messkonzept Elektro siehe im Abschnitt 6.2.</p>
Konzept HLS	<p>Obwohl das Gebäude einen sehr tiefen (Heiz-)Energieverbrauch aufweist und deshalb durch den Gesetzgeber von der Abrechnungspflicht für die Heizkosten befreit gewesen wäre, wurden alle Bezüger mit Messeinrichtungen für Heizung, Warmwasser und Kaltwasser ausgestattet. Neben der individuellen Abrechnung der Bezüge kann mit diesem Messkonzept auch die Effizienz der WP (JAZ) für jede beliebige Betriebsperiode ermittelt werden.</p>

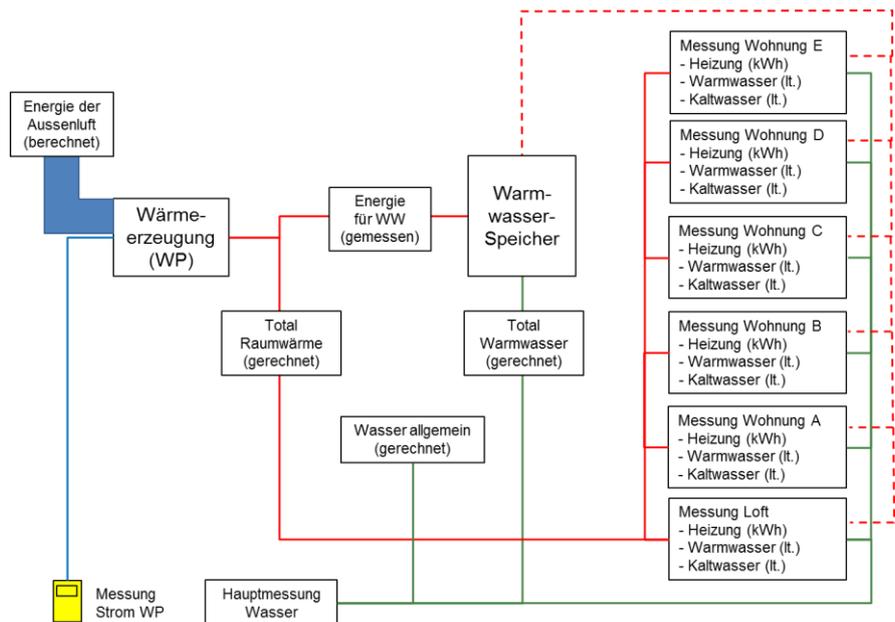


Abbildung 7 – Prinzipschema Messkonzept Heizung/Warmwasser/Kaltwasser – Quelle: e4plus

8. Ergebnisse und Erkenntnisse

8.1. Eigenverbrauchsoptimierung

Eigenversorgung direkt ab PV-anlage

Dank der Optimierung kann in den Sommermonaten bei ungetrübtem Sonnenschein zwischen 50% und 60% des gesamten Stromverbrauchs (über 24Std.) direkt mit der Solaranlage gedeckt werden. Bei wechselhaftem Wetter ist ein Eigenversorgungsgrad von 40% üblich. In den Wintermonaten Dezember bis Februar beträgt die Eigenversorgung je nach Wetterbedingungen zwischen 0% (wenn Schnee auf der Anlage liegt) bis max. 35% an sehr sonnigen Wintertagen.

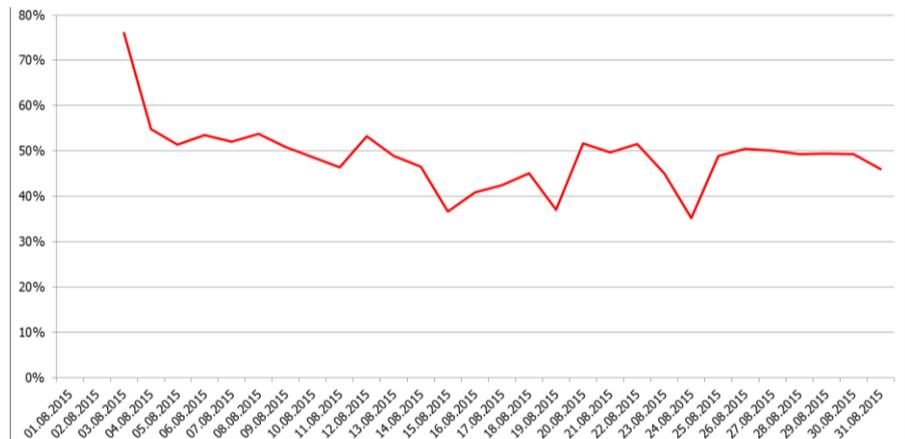


Abbildung 8 – Eigenversorgungsgrad in% im August 2015 – Quelle: Gebäudeleitsystem, Grafik: e4plus

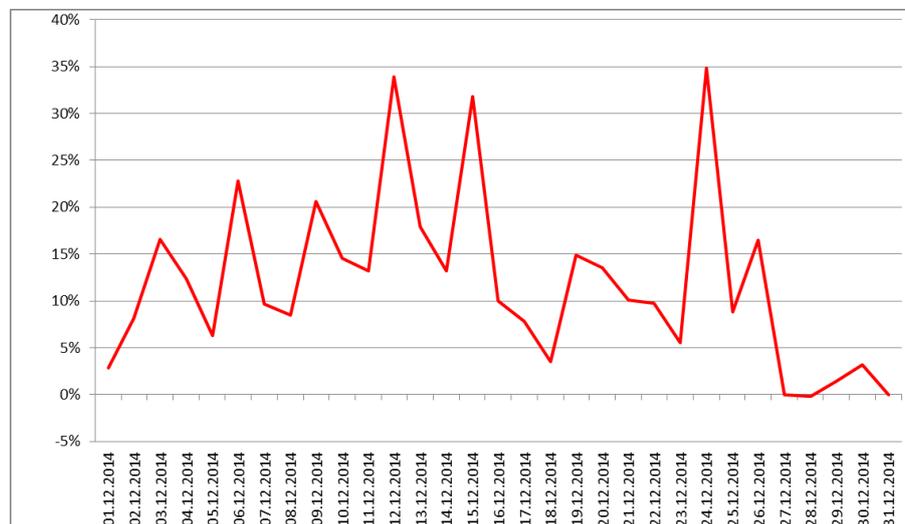


Abbildung 9 – Eigenversorgungsgrad in% im Dezember 2014 – Quelle: Gebäudeleitsystem, Grafik: e4plus

Energieverbrauch der steuerbaren Haushaltgeräte

Der Energieverbrauch der steuerbaren Haushaltgeräte (Waschmaschine, Tumbler und Abwaschmaschine) ist bei Best-Geräten relativ gering. Zudem wurde die Abwaschmaschine direkt am Warmwasser angeschlossen, was den Energieverbrauch nochmals deutlich reduziert. Bei der Waschmaschine wurden Geräte mit automatischer Waschmitteldosierung eingesetzt. Diese Geräte können nicht am Warmwasser angeschlossen werden. Trotzdem ist der Energieverbrauch unter realen Bedingungen (häufig Waschgänge mit tiefen Waschttemperaturen) gering.

Einbindung der Haushaltgeräte	Die Einbindung der Geräte von Miele setzte – da die Kommunikation bidirektional erforderlich ist – einen Eingriff in die Software voraus. Der Aufwand für die Einbindung steht in keinem Verhältnis zur Einsparung. Ein kommerzieller Einbezug von Haushaltgeräten in ein intelligentes Gebäudemanagement wird aus heutiger Sicht erst mit dem Internet der Dinge im grösseren Stil umsetzbar.
Anzeige in den Wohnungen	In allen Wohnungen wurde zudem eine kleine Anzeige installiert, welche aufzeigt, ob zurzeit Solarstrom zur Verfügung steht (grüne Anzeige) oder nicht (rote Anzeige). Die gleiche Anzeige ist auch für die Prognose des nächsten Tages verfügbar.

8.2. Effizienz der Wärmepumpe

Sperrung mit Rundsteuersignal	Wärmepumpen werden üblicherweise durch den Energieversorger während der Mittagszeit über ein Rundsteuersignal gesperrt. Obwohl wir den für die WP erforderlichen Strom selber produzierten, wollte uns ewl den Betrieb während der Mittagszeit untersagen. Nach mehreren Besprechungen konnten wir uns darauf einigen, dass das Rundsteuersignal in das Gebäudemanagement integriert wird. Falls die PV-Anlage nicht genügend Strom für die WP produziert, kann diese über das Rundsteuersignal ausgeschaltet werden. Sobald genügend eigener Strom verfügbar ist, wird das Rundsteuersignal übersteuert.
COP/JAZ	Die Messungen bei der Wärmeversorgung haben leider gezeigt, dass die garantierten COP und damit auch die JAZ bei weitem nicht erreicht werden. Insbesondere in den Sommermonaten bei der Aufbereitung des Warmwassers waren die Ergebnisse mit JAZ zwischen 2.2 und 2.5 völlig unbefriedigend.
Störungsanfälligkeit	Seit der Inbetriebnahme im Mai 2013 bis im Mai 2015 haben über 50 Störungen zu Betriebsausfällen geführt. Teilweise konnten die Störungen durch Quittierung auf dem Display behoben werden. Häufig waren Interventionen durch die Servicetechniker via Fernwartung oder direkt vor Ort erforderlich.
Umbau der Anlage	Der Lieferant hat in der Zwischenzeit das Problem eruiert und wird in den nächsten Monaten ein Umbau der Anlage vornehmen.

8.3. Zusatznutzen

Erwartung der NutzerInnen	Für die BewohnerInnen ist die Produktionsoptimierung des Verbrauchs nicht interessant. Ein bedeutender ökonomischer Nutzen kann nicht generiert werden. Soll diese Technik akzeptiert werden, muss den BewohnerInnen also zusätzlicher Nutzen generiert werden können.
Sommerlicher Wärmeschutz	Durch die Installation einer smarten Lösung kann zusätzlich zur Storensteuerung über ein zentrales Panel auch der sommerliche Wärmeschutz effizient automatisch geregelt werden.
Ausbau zum Infotainment-System	Mit dem eingebauten System können die BewohnerInnen der einzelnen Wohnungen sowohl die Beleuchtung, wie auch Audio, Video, Fernsehen, etc. zentral steuern und betreiben.

9. Fazit

Der Zeit voraus	Bei der Entwicklung der Projektidee im Herbst 2011 waren weder die technischen Voraussetzungen für die Kommunikation zwischen einem Gebäudemanagement und Haushaltgeräten klar, noch konnte die Wirkung einer produktionsoptimierten Steuerung des Verbrauchs zuverlässig abgeschätzt werden.
Enorme technische Entwicklung	Die Katastrophe von Fukushima und die Entwicklungen der Informatiktechnologien haben dazu geführt, dass viele der im Projekt entwickelten Ideen in der Zwischenzeit am Markt erhältlich sind. Mehr oder weniger smarte Gebäude wurden innert einer sehr kurzen Zeit zum Standard.
Entwicklung der Rahmenbedingungen	Die politischen und regulatorischen Rahmenbedingungen für einen effizienten Betrieb eines Gebäudes mit produktionsoptimiertem Verbrauch waren zum Projektbeginn noch nicht gegeben. Die Veränderung der Rahmenbedingungen während des Projekts stellte eine erhebliche zusätzliche Herausforderung dar. Für eine effiziente Weiterentwicklung von Modellen mit einem hohen Eigenversorgungsgrad ist eine Verbesserung der Rahmenbedingungen unabdingbar. Die zurzeit unklaren gesetzlichen Rahmenbedingungen und der, in der Elektrizitätswirtschaft weit verbreitete, Unwillen zur Gestaltung der neuen Stromversorgungslandschaft ist für die Entwicklung neuer Projekte und Konzepte hinderlich.
System funktioniert	Das intelligente Gebäudemanagement funktioniert störungsfrei. Die Auswertungen zeigen, dass der Eigenverbrauch deutlich gesteigert werden kann, ohne dass die Bewohner dadurch im Komfort beeinträchtigt werden.
Monitoring zeigt Schwächen auf	Dank dem Monitoring wurde die sehr ungenügende Funktion der WP erkannt. Dank der umfassenden Datenerfassung konnte dem Lieferanten präzise Angaben zum Fehlverhalten der Anlage gemacht werden.
Ganzheitlicher Ansatz als grosse Herausforderung	Der ganzheitliche Ansatz stellte zum einen eine enorme Herausforderung dar. Andererseits führte dieser Ansatz zu einer grossen Beachtung des Gebäudes weit über die reine Frage der Stromversorgung hinaus.
Ein effizientes Gebäude ist mehr als intelligente Stromversorgung	Vom gesamten Aufwand an nicht erneuerbarer Primärenergie von 141 kWh pro m ² entfallen 21 % auf die Alltagsmobilität, 29 % auf haustechnische Dienstleistungen, 26 % auf Geräte und Beleuchtung und 24 % auf die graue Energie. Das Splitting liegt nahe an der Faustformel, wonach die vier Verbrauchergruppen je einen Viertel ausmachen. Der Objektwert Kirchrainweg für die nicht erneuerbare Primärenergie liegt um 30 % unter dem Zielwert nach Merkblatt SIA 2040 «Effizienzpfad Energie». Eine intelligente Stromversorgung macht deshalb eigentlich erst in einem bezüglich Primärenergie durchgängig optimierten Gebäude richtig Sinn. Insbesondere die Optimierung im Bereich der grauen Energie findet heute in der Bauwirtschaft noch viel zu wenig Bedeutung. Um den beim MFH Kirchrainweg erzielten Wert von 36.6 kWh/m ² erreichen zu können, sind enorme Anstrengungen und ein konsequenter Verzicht auf unnötige Materialien erforderlich.

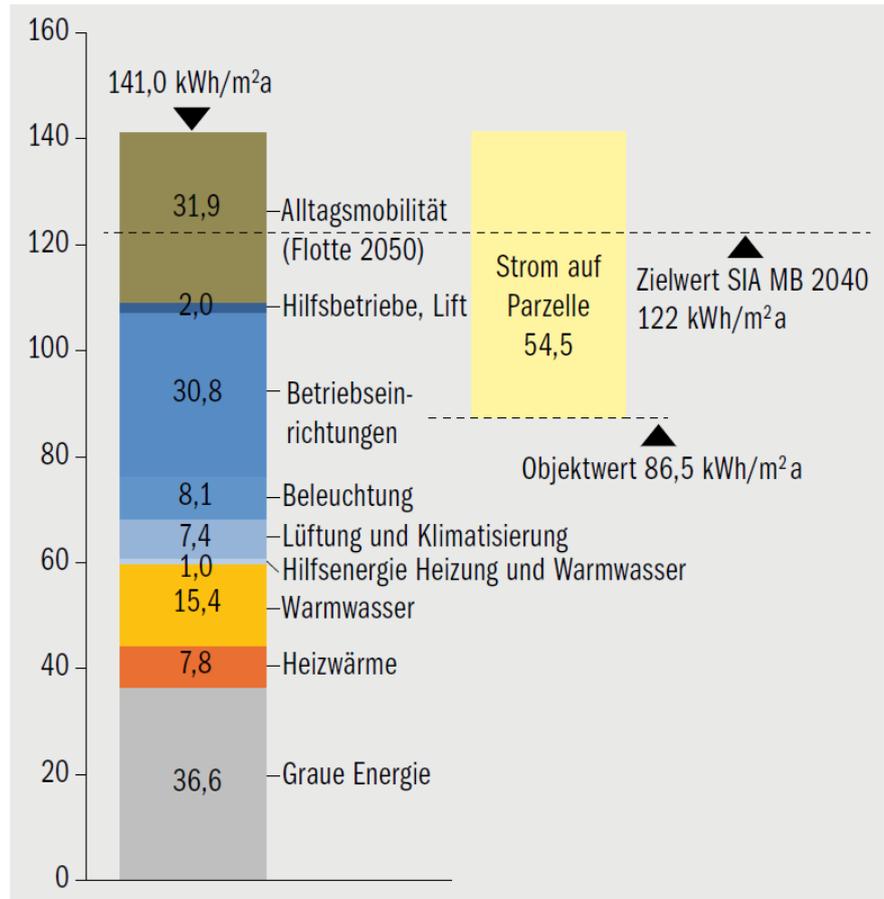


Abbildung 10 – Primärenergieverbrauch nach SIA MP 2040 – Quelle: aardeplan

Zertifizierung

Das Gebäude wurde MINERGIE zertifiziert (LU-001 A ECO) und nahm erfolgreiche an der Pilotphase des Standards Nachhaltiges Bauen Schweiz (SNBS) teil.

Nutzerkomfort ist hoch	Für die Benutzer ergeben sich durch die Optimierungen keinerlei Einschränkungen. Die zur Verfügung stehenden Hilfsmittel (Visualisierung, App, Storensteuerung, etc.) ermöglichen einen hohen Wohnkomfort bei tiefem Energieverbrauch.
Entwicklungskosten	Die nicht geförderten nicht amortisierbaren Mehrkosten von über CHF 200'000 lohnen sich nur, wenn aus den daraus gewonnen Erkenntnissen neue Wertschöpfung generiert werden kann. Für e4plus als Projektentwickler ist diese Voraussetzung erfüllt. Bei der Kirchrainweg AG als Bauherrschaft hingegen gibt es diese Motivation nicht.

10.2. Aussensicht

Das Projekt überzeugte sowohl Fachmedien wie auch die Fachwelt im Allgemeinen. Diverse Artikel in verschiedenen Medien und Preise zeugen davon.

Watt d'Or	2014 wurde das MFH Kirchrainweg mit dem Watt d'Or in der Kategorie Gebäude und Raum ausgezeichnet. Die Jury begründet ihre Wahl unter anderem wie folgt: "Damit wir unseren Planeten Erde langfristig erhalten können, müssen wir uns mit einem Energieverbrauch begnügen, welcher einer Dauerleistung von 2000 Watt pro Person entspricht. Dieses Ziel soll nach dem Willen des Bundesrates bis ins Jahr 2050 oder 2100 erreicht werden. Damit dies möglich ist, muss der Energieverbrauch durch Bauten - inklusive der durch diese Bauten verursachten Mobilität - in Zukunft massiv reduziert werden. Das MFH im MINERGIE-A-ECO-Standard am Kirchrainweg 4a erfüllt alle Anforderungen an das Bauen für die 2000-Watt-Gesellschaft und zeigt damit, dass zukunftsfähiges Bauen schon heute möglich ist." Mehr Infos
Hans Sauer Preis 2014 für 'Planen und Bauen für Ressourcenschonung und Generationenvielfalt'	Ebenfalls im Jahr 2014 wurde das Gebäude mit dem Hans Sauer Preis ausgezeichnet. Die Jury begründete die Auszeichnung wie folgt (Auszug): Das vom Büro aardeplan ag (Baar) geplante Mehrfamilienhaus hat die Jury des Hans Sauer Preis 2014 in der Kategorie Neubau am meisten überzeugt und das Preisgeld von 7.500 € gewonnen. Das Wohnhaus mit fünf Wohneinheiten geht als Sieger aus dem dreistufigen Wettbewerb hervor, da es in allen acht Kriterienbereichen punkten konnte und durch ein Bauen nach dem Modell der „2000-Watt-Gesellschaft“ weitreichende Nachhaltigkeitsansprüche erfüllt. Der Bau kombiniert und integriert eine klimaneutrale Energieversorgung, Holzbau, ein Car-Sharing-Konzept, Recycling- und Demontagefähigkeit, eine Orientierung der Wohnungen zu drei Himmelsrichtungen und intelligente Stromsteuerung mit Aspekten der Barrierefreiheit oder der generationengerechten Nutzungsflexibilität. Insgesamt gelingt es dem Projekt ganz selbstverständlich, Nachhaltigkeitskriterien zu erfüllen, diesen einen zukunftsweisenden gestalterischen Ausdruck zu verleihen und sich sehr gut in den soziokulturellen Kontext einzufügen. Das bewertete die Jury als herausragend und vorbildlich. Mehr Infos
Medienberichte	Sowohl die Fachmedien, wie auch die Tages- und Wochenpresse hat über das Projekt berichtet. Eine Auswahl der Berichterstattung finden Sie hier .
Buchprojekt	Das Gebäude wurde im Buch 'Haus 2050 – Wohnkomfort mit 2000 Watt' vom Faktorverlag ausführlich beschrieben und dokumentiert.

11. Schlussfolgerungen

Technisch machbar	Die im Projektbescrieb definierten Zielsetzungen konnten erreicht werden. Die Umsetzung der geplanten Optimierungen stellte zwar eine enorme Herausforderung da, welche aber dank dem ausgesprochen engagierten Team umgesetzt werden konnte.
Nutzen für die WP	<p>Die Optimierung der Betriebszeiten der WP lohnt sich – vorausgesetzt die WP kann damit umgehen – doppelt. Durch die WW-Wasseraufbereitung am Tag kann diese einerseits mit Solarstrom erfolgen und andererseits profitiert die WP von der höheren Quell-Temperatur der Aussenluft.</p> <p>Damit diese höheren Quelltemperaturen vollständig genutzt werden können, muss die Auslegung der WP-Anlage entsprechend vorgenommen werden. Einstufige WP eignen sich für diese Betriebsart aus unserer Sicht nicht. Es sollten entweder Inverter-Anlagen oder mindesten zweistufige Geräte eingesetzt werden. Der entsprechende Umbau ist nun geplant.</p>
Nutzen der steuerbaren Haushaltgeräte	<p>Die Einbindung von Abwaschmaschinen lohnt sich aus wirtschaftlicher Sicht nicht. Die Einbindungskosten lassen sich durch die Erhöhung des Eigenverbrauchs nicht abdecken. Dies insbesondere, wenn die Abwaschmaschine an das Warmwasser angeschlossen wird (ist unbedingt zu realisieren).</p> <p>Bei Waschmaschine und Tumbler ist die Situation ähnlich. Die Top-Class-Geräte benötigen heute wenig Strom, so dass sich die Mehrkosten für weitere Optimierung (noch) nicht lohnen.</p> <p>Die rasante Entwicklung im Bereich des Internets der Dinge könnte jedoch dazu führen, dass diese Situation in den nächsten Jahren neu beurteilt werden muss. Die Entwicklung dürfte aber nicht durch die Energieoptimierung sondern durch Komfortanliegen getrieben werden.</p>
Enorme Entwicklung	Bezüglich der Optimierung des Eigenverbrauchs hat seit dem Projektstart eine enorme Entwicklung stattgefunden. WP-Regelungen einerseits und in den Wechselrichter eingebaute Zusatzelemente ermöglichen heute substantielle Optimierungen in der Kombination von PV und WP.
Datenmanagement	Damit die für den Betrieb und die Abrechnung erforderlichen Daten aufgezeichnet und verarbeitet werden dürfen, ist die Zustimmung der BewohnerInnen erforderlich. Die Voraussetzungen dazu wurden im STWE-Reglement geschaffen. Sowohl in den Kauf- wie auch in den Mietverträgen wurde die ausdrückliche Zustimmung diesbezüglich eingeholt.
Auswirkungen für die BewohnerInnen	Die BewohnerInnen profitieren dank der ausgezeichneten Wärmedämmung von sehr tiefen Heizkosten (ca. CHF 150.- für eine 4 ½ Zimmer Wohnung pro Jahr) und dank der Eigenverbrauchsregelung von generell tiefen Nebenkosten. Sie schätzen den hohen Wohnkomfort bei gleichzeitig tiefen Nebenkosten. Eine spezielle Auseinandersetzung mit dem Gebäuleitsystem findet nicht statt.
Eigenverbrauch im MFH	Die dank der parlamentarischen Initiative 12.400 möglich gewordene Eigenverbrauchsregelung ermöglicht neue Konzepte. In Nachfolgeprojekten ist e4plus daran, die in diesem Projekt gewonnen Erkenntnisse weiter zu entwickeln. Dabei sollen einerseits die Speicherung und die Elektromobilität integriert und andererseits die Lösungsansätze auf mehrere Gebäude und auf ganze Areale ausgedehnt werden.

Integration in die Aus-
und Weiterbildung

Die Erkenntnisse dieses P+D-Projektes fliessen dank der Lehrtätigkeit von Manfred Huber, aardeplan ag, Benno Zurfluh, Zurfluh Lottenbach GmbH, und Markus Portmann, e4plus AG auch in die Aus- und Weiterbildung an der HSLU, FHNW, der Universität Lichtenstein, sowie im Kurswesen von EnergieCluster, MINERGIE und Swissolar ein.

12. Anhang

12.1. Am Projekt beteiligte Key-Player

Gesamtprojektleitung Gebäudemanagement	e4plus AG Kirchrainweg 4a 6010 Kriens	www.e4plus.ch
Architektur und Nachhaltigkeit	aardeplan AG Mühlegasse 18e 6340 Baar	www.aardeplan.ch
Elektroingenieur, Totalunternehmer Gebäudeleitsystem	NetDesign AG Weggismattstrasse 23 Postfach 6004 Luzern	www.net-design.ch
HLS-Planung, Projektleitung Optimierung WP	Zurfluh Lottenbach GmbH Hertensteinstrasse 44 6004 Luzern	www.zurfluhlottenbach.ch
Umsetzung Gebäudeleitsystem Visualisierung und Datenmanagement	ProBus Technik AG Buzibachring 3 6023 Rothenburg	www.pro-bus.ch
Messkonzept und Auswertung der Messungen	e4plus AG Kirchrainweg 4a 6010 Kriens	www.e4plus.ch

12.2. Weitere Projektpartner

Industriepartner	Miele AG, Spreitenbach	Geräte mit Sonderkonditionen Support bei der Geräteintegration
	ewl Energie Wasser Luzern AG	Support beim Messkonzept Ausrüstung mit SmartMeter Umbau bei Eigenverbrauchregelung
Partner beim Buchprojekt	Flumroc AG, Flums	Platin-Partner
	Walter Küng AG, Alpnach	Platin-Partner
	MINERGIE, Geschäftsstelle, Bern	Platin-Partner
	Lignum, Holzwirtschaft Schweiz	Platin-Partner
	Ernst Schweizer AG, Hedingen	Gold-Partner
	Kronospan Schweiz AG, Menznau	Gold-Partner
	Pius Schuler AG, Rothenturm	Gold-Partner
	ProBus Technik AG, Rothenburg	Gold-Partner
	AG für Holzbauplanung, Rothenturm	Silber-Partner
	Brunner AG, Druck und Medien, Kriens	Silber-Partner
	CKW Conex AG	Silber-Partner
Dahinden Sägewerk AG, Hellbühl	Silber-Partner	
Dienststelle Umwelt und Energie (uwe), Luzern	Silber-Partner	
Viessmann Schweiz AG, Spreitenbach	Silber-Partner	
Wicki Dach- und Fassadenbau AG, Flühli	Silber-Partner	

Danksagung

Die Bauherrschaft dankt allen, welche zur erfolgreichen Umsetzung des Haus 2050 beigetragen haben. Besonderer Dank gilt dem Team von aardeplan ag unter der Leitung von Manfred Huber für das konsequente mitbringen der Idee des nachhaltigen Bauens, dem gesamten Planungsteam im Bereich Heizung, Lüftung, Sanitär, sowie Elektro und Kommunikation und den Holzbauplanern. Den Unternehmern für die Sorgfalt bei der Umsetzung und das Verständnis dafür, dass bei diesem Projekt nicht alles wie immer war.

Ebenfalls ein Dankeschön geht an den Bund (BFE), den Kanton Luzern (Dienststelle Umwelt und Energie uwe) und die Industriepartner für die Unterstützung des P+D-Projekts.

Der grösste Dank jedoch geht an die Bewohnerinnen und Bewohner, welche an dieses Konzept geglaubt haben und nun den Wohnkomfort mit 2000 Watt geniessen dürfen.